

소방용 내화전선의 내화성능 평가 기준 연구

이 복 영 || 방재설비부 책임연구원
박 찬 호 || 방재설비부 선임연구원
박 상 태 || 방재설비부 연구원

글 순 서

1. 서 론
2. 내화성능평가 기준
 - 2.1 IEC 60331
 - 2.2 행정자치부고시 제2004-7호
 - 2.3 BS 6387
3. 기준비교
4. 결 론

1. 서 론

행정자치부 화재통계 연보에 따르면 1997년~2001년까지 전기화재는 전체화재의 33.7%로 차지하고 있으며, 전기화재 중 케이블 등 배선에 의한 화재가 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 최근 정보통신의 발달과 생활화는 화재로 인한 케이블의 기능상실이 국가기간 전력망, 통신망의 마비를 가져와 케이블의 건전성(integrity) 확보가 중요한 관심사로 대두되어 있다.

케이블 화재의 발생원인을 분석해 보면 크게 케이블 자체에서 발화원인이 되는 경우(단락에 의한 발화, 지락에 의한 발화, 누전에 의한 발화, 과전류에 의한 발화, 도체 접속부 과열에 의한 발화, 스파크에 의한 발화 등)와 외부 발화원에 의해 발화되는 것(다른 구역에서 발생한 화재가 케이블로 착화되어 화재가 발생, 공사중 용접 불똥에 의해서 케이블로 착화하여 화재발생 등)으로 나눌 수 있으며, 자체 또는 외부 발화원에 의해 발화된 경우, 케이블을 통한 에너지의 공급, 정보통신 기능의 유지 등을 위해 IEC, ISO 등 국제규격에서는 케이블의 건전성(integrity)을 평가하는 시험을 내화성능 시험이라 정하여 성능을 요구하고 있다.

본 고에서는 국내기준(행자부고시 : 제 2004-7호, 2004.6)과 국제기준(IEC 60331,

BS 6387)을 비교·검토하여 내화전선에 관한 성능기술 동향 및 전선 제조업체의 기술자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

2. 내화성능평가 기준

2.1 IEC 60331

IEC 60331 시험항목은 ① 내화시험, ② 기계적 충격시험으로 구성되어 있으며, 시험기준은 Part 11 ~ Part 31까지 총 6개의 기준으로 구성되어 있다.

- ▶ Part 11 : 750℃ 의 불꽃온도에서 내화성능 시험장치 기준(1999, 04)
- ▶ Part 12 : 85℃ 의 불꽃온도에서 충격을 받는 내화성능 시험장치 기준(2002.7)
- ▶ Part 21 : 정격전압 0.6~1 kV 이하의 케이블의 내화성능에 대한 시험절차 및 성능평가 기준(1999.4)
- ▶ Part 23 : 데이터 케이블의 내화성능에 대한 시험절차 및 성능평가 기준(1999.4)
- ▶ Part 25 : 광 케이블의 내화성능에 대한 시험절차 및 성능평가 기준(1999.4)
- ▶ Part 31 : 정격전압 0.6~1 kV 이하의 케이블의 충격에 대한 내화성능에 대한 시험절차 및 성능평가 기준(2002.7)

2.1.1 IEC 60331

Part 11

IEC 60331 Part 11

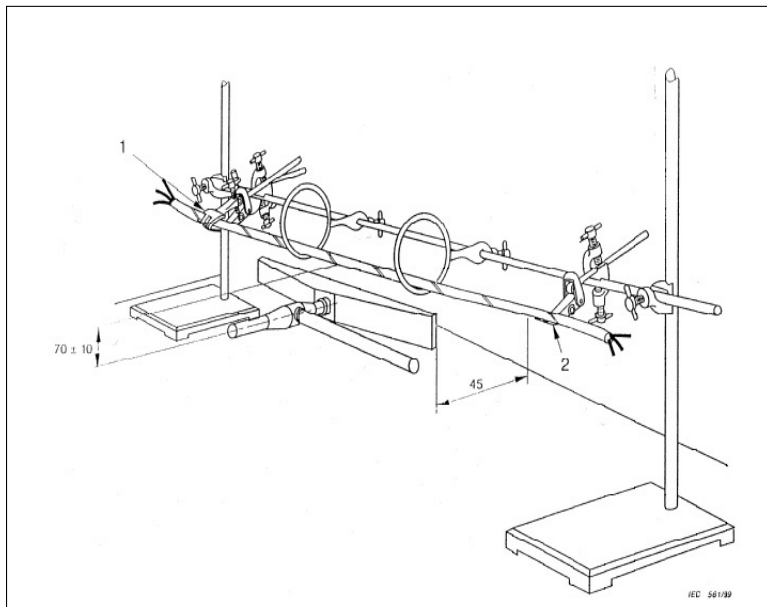
은 750 ℃의 불꽃온도에서 케이블을 통한 에너지, 신호의 연속적인 기능성인 건전성(integrity)을 평가하기 위한 내화성능 시험장치에 관한 기준을 제시하고 있다.

① 케이블 지지장치

그림 1과 같이 케이블 양쪽 끝에 케이블지지 클램프를 사용하여 수평으로 견고하게 설치한다. 케이블 지지하기 위하여 케이블 중앙 부분에 두 개의 금속링을 사용하여 300 mm 간격으로 설치한다.

② 점화원

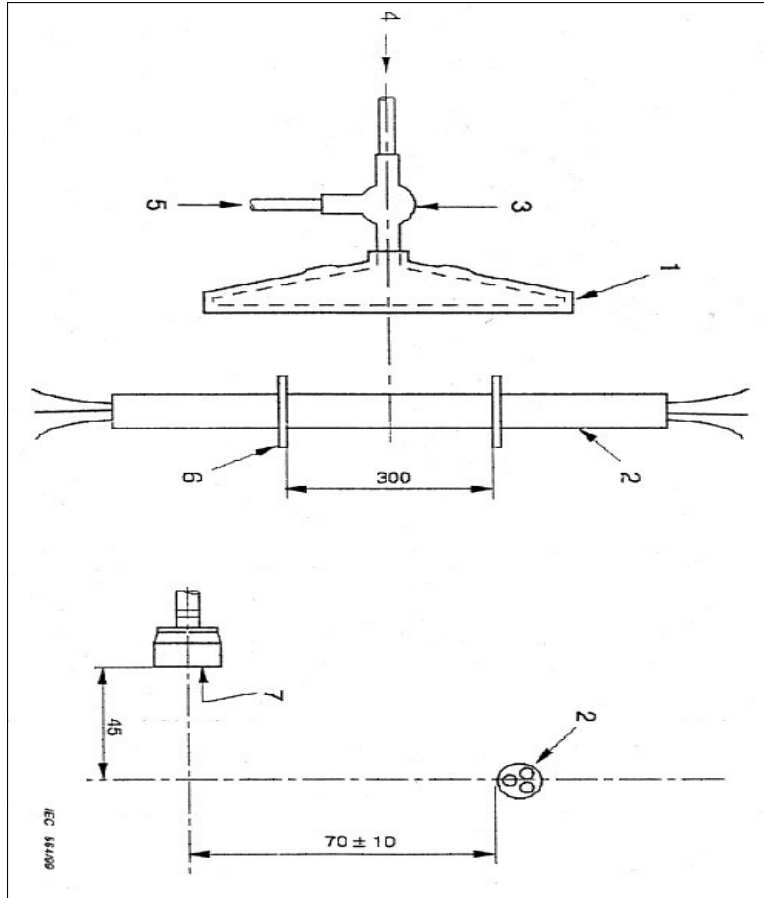
점화원은 LPG 가스를 연료로 사용하는 길이는 500 mm이고 폭은 15 mm인 리본형태(ribbon-type)의 버너를 사용한다. 시험시 버너에 공급되는 공기량은 80 ± 5 l/min이고 LPG양은 5 ± 0.25 l/min이며 버너와 시험체와의 거리는 그림 2와 같이 설치한다.



1. 케이블지지 클램프

2. 케이블

〈 그림 1 〉 IEC 60331-11 내화성능 시험용 케이블 지지장치



- | | |
|---------------|--------------|
| 1. 리본가스버너 | 2. 케이블(시험체) |
| 3. 공기와 가스 혼합부 | 4. 공기공급관 |
| 5. 가스공급관 | 6. 케이블지지 클램프 |
| 7. 버너 전면 | |

〈 그림 2 〉 IEC 60331-11 내화성능 시험용 버너와 시험체의 이격거리

세부적인 사양은 그림 3과 같다.

2.1.2 IEC 60331 Part 12

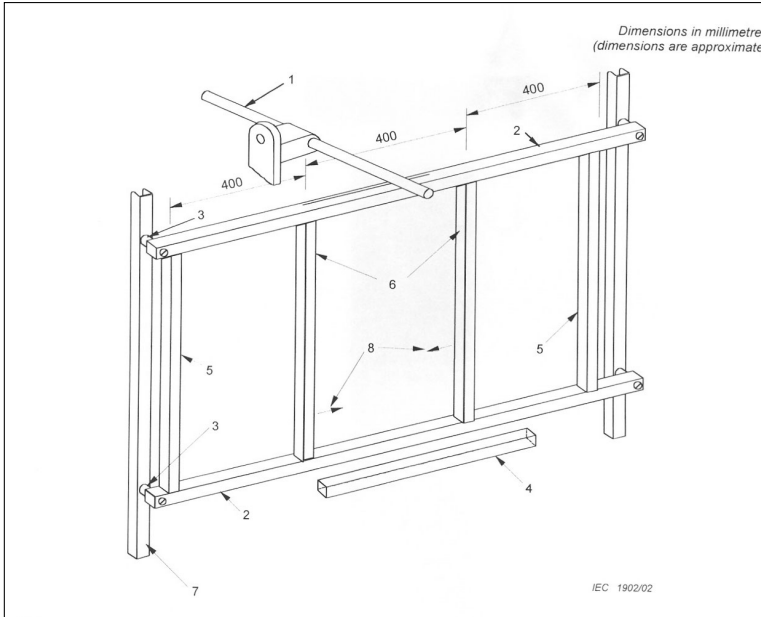
IEC 60331 Part 12는 850 °C 의 불꽃온도에서 직경 20 mm 이상의 케이블을 통한 에너지, 신호의 연속적인 기능성인 건전성(integrity)을 평가하기 위해 사용되는 내화성능 시험장치 기준을 제시하고 있다.

① 케이블 지지장치

케이블 지지장치의 크기는 1200 mm(L)× 600 mm(H)이고 무게는 18±1 kg이다. 장치의

② 점화원

점화원은 LPG 가스를 연료로 사용하고 길이는 500 mm이고 폭은 10 mm이인 리본형태(ribbon-type)의 버너를 사용한다. 시험시 버너에 공급되는 공기량은 160±6 l/min이고 LPG양은 10±0.4 l/min이다. 버너와 시험체와의 거리는 그림 4와 같이 설치한다.



〈 그림 3 〉 IEC 60331-12 기계적 충격 시험장치

1. 충격발생장치
2. 금속사다리
3. 고무부싱
4. 리본가스버너
5. 고정식 수직대
6. 이동식 수직대
7. 사다리 지지대
8. 조정대

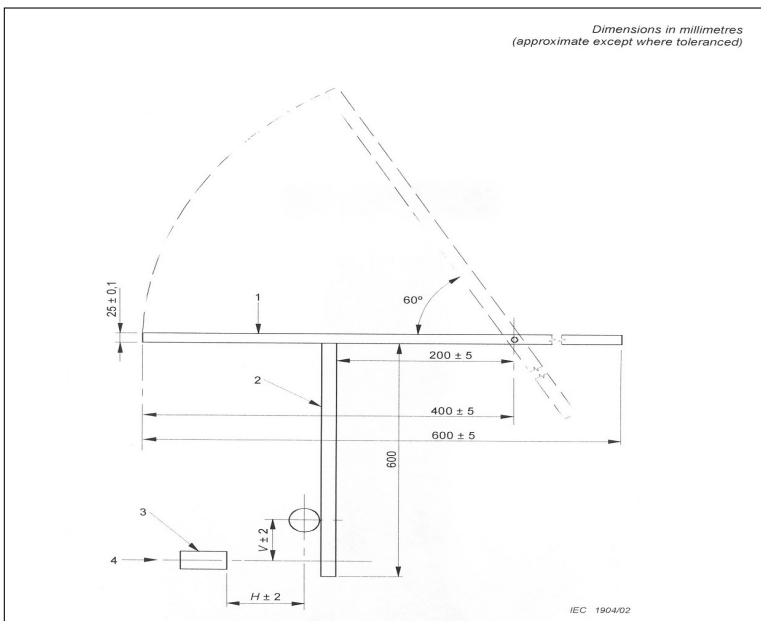
2.1.3 IEC 60331 Part 21

IEC 60331 Part 21은 케이블을 통한 에너지, 신호의 연속적인 기능성인 건전성(integrity)을 확인하기 위하여 정격전압 0.6~1 kV 이하인 케이블의 내화성능에 대한 시험

절차 및 성능평가기준을 제시하며 시험장치는 IEC 60331 Part 11의 시험장치를 사용한다.

① 시험방법

- 길이 1,200 mm의 케이블의 양쪽 끝을 100 mm 정도 외피를 벗겨낸다.



〈 그림 4 〉 IEC 60331-12 기계적 충격 시험장치의 버너와 시험체 이격거리

1. 충격발생장치
 2. 금속사다리
 3. 리본가스버너
 4. 버너 중심부
- H: 버너 전면과 케이블 중심간의 수평거리
V: 버너 중심에서 케이블 중심간의 수직거리

- 시료의 모든 도체에는 연속적인 통전가능을 검사하기 위하여 시험전압(AC 600 V)을 변압기를 통하여 인가하고 부하(Lamp)를 연결한다.
- 통전 상실(단선, 합선) 여부를 판단하기 위하여 회로에는 2 A의 퓨즈를 설치한 후 버너를 정해진 위치에 배치한다.
- 불꽃인가시간은 90분간 가하고 버너를 소화한 후 15분간 전압을 가한다.

② 성능평가

시험 중 통전기능이 유지되어야 하며, 도체의 파손(단락으로 인해 전원공급 Lamp가 꺼짐)이 없어야 한다.

2.1.4 IEC 60331 Part 25

IEC 60331 Part 25는 케이블을 통한 에너지, 신호의 연속적인 기능성인 건전성을 확인하기 위하여 광 케이블의 내화성능에 대한 시험절차 및 성능평가기준을 설명하고 시험장치는 IEC 60331 Part 11의 시험장치를 사용한다.

① 시험방법

- 길이 1,200 mm의 완성품 케이블의 양쪽 끝을 100 mm 정도 외피를 벗겨낸다.
- 케이블의 각 말단을 IEC 60793-1-4 C10에서 정한 시험장치에 연결하고 광 케이블의 변화량을 측정한다.
- 시료의 모든 도체에는 연속적인 통전가능성을 검사하기 위하여 광측정 장치의 전원을 투입하고 감쇠량을 측정한다.
- 불꽃인가시간은 90분간 가하고 버너를 소화한 후 15분간 광측정 장치에 계속 연결시켜둔다.

② 성능평가

광케이블의 최대 광량의 감소량이 기준치를 초과해서는 안된다.

2.1.5 IEC 60331 Part 31

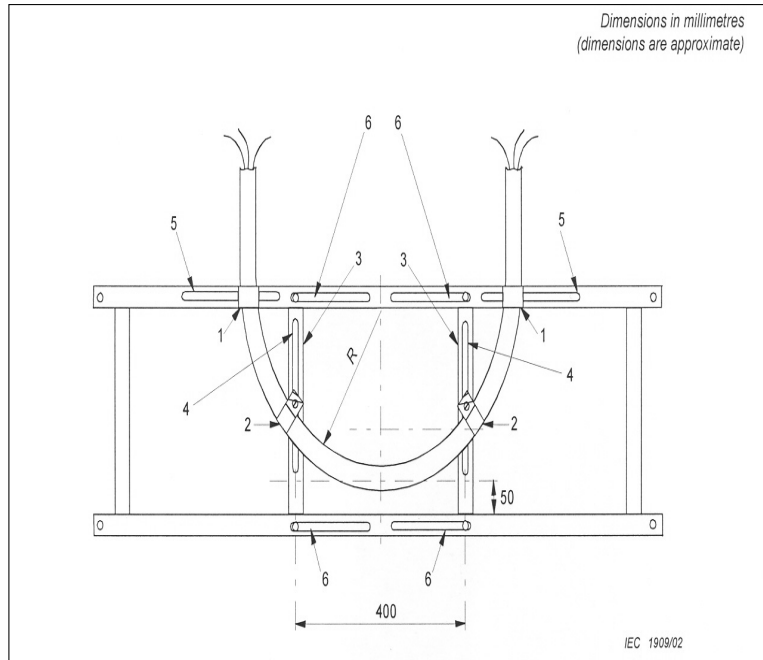
IEC 60331 Part 31은 케이블을 통한 에너지, 신호의 연속적인 기능성인 건전성을 확인하기 위하여 정격전압 0.6~1 kV 이하인 케이블의 충격에 대한 내화성능에 대한 시험절차 및 성능평가기준 설명하며 시험장치는 IEC 60331 Part 12의 시험장치를 사용한다.

① 시험방법

- 길이 1,500 mm의 완성품 케이블의 양쪽 끝을 100 mm 정도 외피를 벗겨낸다.
- 케이블의 각 말단에서 도체는 전기적인 연결을 위해 그림 5와 같이 설치한다.
- 시료의 모든 도체에는 연속적인 통전가능성을 검사하기 위하여 시험전압(AC 최소 100 V이상)을 변압기를 통하여 인가하고 부하(Lamp)를 연결한다.
- 통전 상실(단선, 합선) 여부를 판단하기 위하여 회로에는 2 A의 퓨즈를 설치한 후 버너를 그림 4와 같이 설치한다.
- 버너를 점화한 직후 기계적 충격을 가하고 타이머를 작동시킨다. 기계적 충격은 5분±10초 간격으로 충격을 가한다.
- 불꽃인가시간은 120분간 가하고 버너를 소화한 후 15분간 전압을 가한다.

② 성능평가

시험 중 통전기능이 유지되어야 하며, 도체의 파손(단락으로 인해 전원공급램프가 꺼짐)이 없어야 한다.



- | | |
|-------------|--------------|
| 1. U 볼트 | 5. U 볼트스립 |
| 2. P 클립 | 6. 이동용 수직스립 |
| 3. 조정대 | R. 케이블의 최소반경 |
| 4. P 클립고정스립 | |

〈 그림 5 〉 60331-31 기계적 충격시험 장치

2.2 행정자치부고시 제2004-7호(2004.6)

내화전선의 내화시험방법은 다음 각호의 방법에 의한다.

- 내화시험 장치는 IEC 331(전선의 내화특성)에서 규정한 시험기를 사용한다.
- 시료에서 120 ± 5 cm를 채취한 다음 양쪽 끝부분을 100 ± 5 mm 길이로 스위치를 벗겨낸다.
- 내화시험 장치의 고정대에 시편을 양쪽 크램프에 고정시키고 절연체를 서로 떨어지도록 벌려 놓고 전기적 접촉을 3상 또는 단상 3선식의 시험전압기에 연결한다. 시험전압기의 각상의 퓨즈용량은 3 A로 하며, 접지선용 퓨즈용량은 5 A이어야 한다.
- 610 mm의 튜브형 버너 노즐에서 75 mm거리에 열전대를 고정 설치한 다음 그 위치에서 750 ± 5 °C 가 되도록 한다.
- 시료의 선심수 및 공칭단면적에 따라 1,000~3,500 V의 정격전압을 인가한 상태로 750 ± 5 °C 온도에 도달하면 열전대를 제거하고 그 위치에 시료를 설치한다.
- 내화시험을 3시간 동안 계속한 다음 버너의 불꽃을 소화시키며, 인가하던 전압을 차단한다.
- 시험 종료후 12시간 동안 실온에서 방치한 다음, 다시 전선에 정격전압을 인가하여 퓨즈의 단선여부를 확인한다.

2.3 BS 6387(1994, Performance requirements for cables required to maintain circuit integrity under fire condition)

BS 6387 시험기준의 시험항목은 ① 내화 시험, ② 주수시험, ③ 기계적 충격시험으로 구성되어 있다.

2.3.1 내화시험

① 케이블 지지장치

그림 6과 같이 케이블 양쪽 끝에 케이블지지 클램프를 사용하여 수평으로 단단하게 설치한다. 케이블 지지하기 위하여 케이블 중앙 부분에 두 개의 금속링을 사용하여 300 mm 간격으로 설치한다.

② 점화원

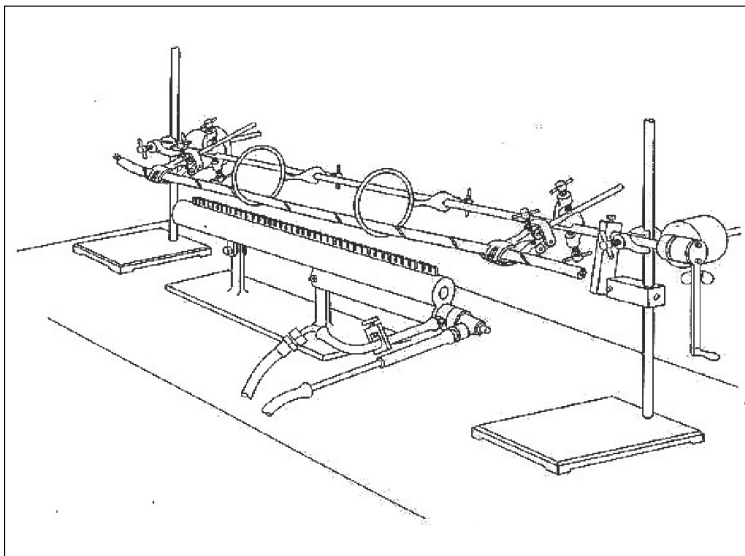
점화원은 LPG 가스를 연료로 사용하고 튜브형태(Tube-type)의 버너를 사용하고 버너의 길이는 610 mm 이다. 시험시간과 시험온도는 표 1과 같다

〈 표 1 〉 BS 6387시험시간 및 시험온도

분 류	시험온도	시험시간
Category A	650 ± 40℃	3시간
Category B	750 ± 40℃	3시간
Category C	950 ± 40℃	3시간
Category D	950 ± 40℃	20분

③ 시험절차

- 길이 1,200 mm의 완성품 케이블의 양쪽 끝을 100 mm 정도 외피를 벗겨낸다.
- 시료의 모든 도체에는 연속적인 통전 가능성을 확인하기 위하여 시험전압을 변압기를 통하여 인가하고 부하(Lamp)를 연결한다.
- 통전 상실(단선, 합선) 여부를 판단하기 위하여 회로에는 3 A의 퓨즈를 설치한 후 버너를 정해진 위치에 배치한다.
- 불꽃인가시간은 20분~3시간 동안 가하고 시험시간 동안 전압을 계속 인가한다.
- 내화시험을 실시하는 동안 케이블의 통전 상실 여부를 관찰한다.



〈 그림 6 〉 BS 6387 내화시험장치

2.3.2 주수시험

① 케이블 지지대

그림 7에서 이용하여 케이블을 지지하여 그림 8에 설치한다.

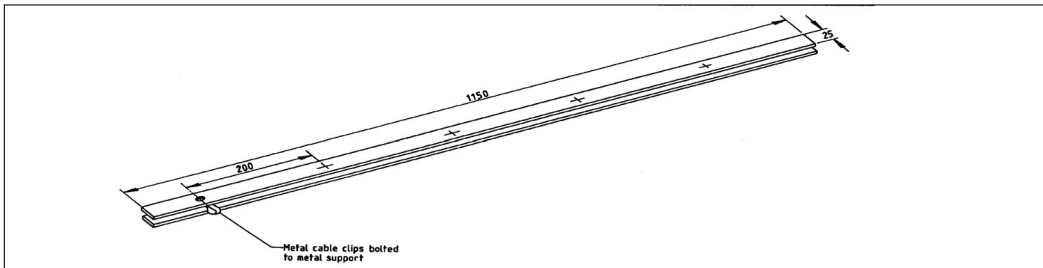
② 점화원

점화원은 2가지 종류를 사용할 수 있으며

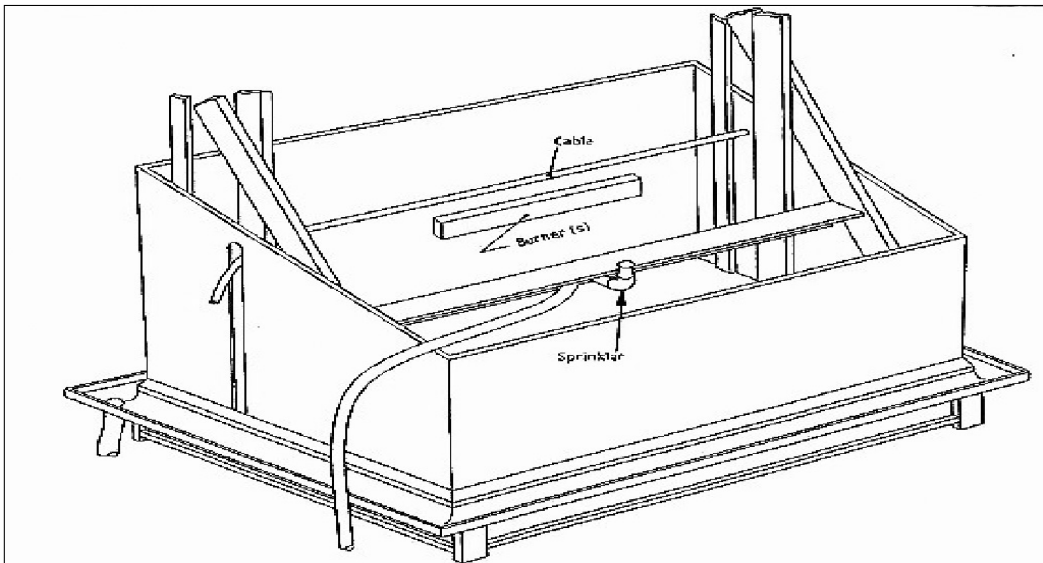
① LNG 또는 LPG를 연료로 사용하는 리본 타입(Ribbon-type) 형태의 버너를 사용하고, 버너의 길이는 400 mm 이다. ② 36 mm (L)×5 mm (W)오리피스를 가지는 5개의 분리된 LNG 또는 LPG 가스버너를 사용한다. 시험온도는 $650 \pm 40^\circ\text{C}$ 이다.

600 V)을 변압기를 통하여 인가하고 부하(Lamp)를 연결한다.

- 통전 상실(단선, 합선) 여부를 판단하기 위하여 회로에는 3A의 퓨즈를 설치한 후 버너를 정해진 위치에 배치한다.
- 불꽃인가시간은 15분 동안 가하고 스프링클러($2.5 \sim 3.5 \text{ kg/cm}^2$, $0.25 \sim 0.30 \text{ m}^2/\text{sec}$)



〈 그림 7 〉 BS 6387 주수시험용 케이블 지지대



〈 그림 8 〉 BS 6387 주수시험장치

③ 시험방법

- 길이 1,500 mm의 완성품 케이블의 양쪽 끝을 100 mm 정도 외피를 벗겨낸다.
- 시료의 모든 도체에는 연속적인 통전 가능성을 확인하기 위하여 시험전압(AC

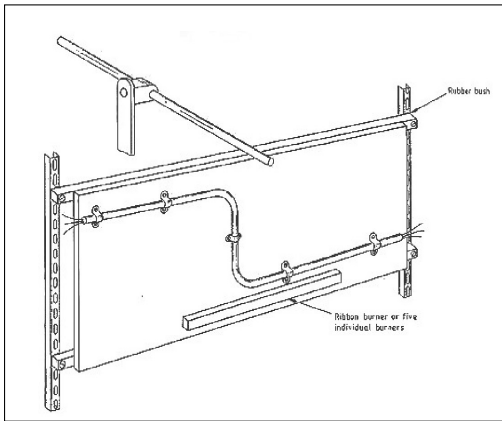
에 의한 주수를 15분간 주수시험을 실시한다.

- 주수시험을 실시하는 동안 케이블의 통전 상실 여부를 관찰한다.

2.3.3 기계적 충격시험

① 케이블 지지대

그림 9와 같이 케이블을 설치한다. 2개의 수평지지대에 900 mm (L)×300 mm (D)×9 mm (D) 불연성보드를 설치한다. 보드의 무게는 10±2 kg이며 2개의 수평지지대는 25 mm 금속 튜브 형태로 길이는 1 m이다.



〈그림 9〉 BS 6387 기계적 충격시험 장치

② 충격장치

25 mm±5%(D)×600 mm×5%(L) 의 직경을 가지는 둥근 금속 막대기를 사용한다. 케이블 지지대는 30±2 초마다 60° 각도로 케이블 지지대를 친다

③ 시험온도 및 시험시간

시험온도 및 시험시간은 표 2와 같이 같다.

〈표 2〉 BS 6387 시험온도 및 시험시간

분 류	시험온도	시험시간
Category X	650 ± 40℃	15 분
Category Y	750 ± 40℃	
Category Z	950 ± 40℃	

④ 시험방법

- 길이 1,200 mm의 완성품 케이블의 양쪽 끝을 100 mm 정도 외피를 벗겨낸다.
- 시료의 모든 도체에는 연속적인 통전 가능성을 확인하기 위하여 시험전압(AC 600 V)을 변압기를 통하여 인가하고 부하(Lamp)를 연결한다.
- 통전 상실(단선, 합선) 여부를 판단하기 위하여 회로에는 3A의 퓨즈를 설치한 후 버너를 정해진 위치에 배치한다.
- 기계적 충격시험장치 작동시키고 버너를 점화시킨다.
- 불꽃인가시간은 15분 동안 가하고 기계적 충격시험에서는 지름 25 mm 내외, 길이 60 mm 내외의 봉으로 지지 구조물인 Rubber bush를 쳤을 경우 이상이 없어야 한다.
- 기계적 충격시험을 실시하는 동안 케이블의 통전상실 여부를 관찰한다.

3. 기준비교

각 기준을 검토하여 표로 나타내면 표 3, 표 4, 표 5와 같다. 국내기준은 내화성능시험만 요구하고 있으나, IEC 60331, BS 6387기준에서는 화재 진압 시 진압요원들의 물리적인 충격 등에 의하여 발생할 수 있는 케이블 고장요인들에 대한 성능시험까지 요구하고 있으며, 국내기준은 시험온도를 750 ℃로 단일화하여 최소성능만을 요구하고 있으나, IEC 60331, BS 6387기준에서는 여러 온도별 성능을 요구하여 제품의 성능향상을 가능케 하였다.

〈표 3〉 각 기준별 시험항목 비교

항 목	기 준	국내 기준	국제기준	
			IEC 60331	BS 6387
내화성능시험		○	○	○
기계적 충격시험		X	○	○
주수시험		X	X	○

〈표 4〉 각 기준별 내화시험 비교

항 목	기 준	국 내 기 준	국제기준	
			IEC 60331	BS 6387
시험온도(℃)		750	750, 850	650, 750, 950
버너점염시간		3시간	1시간 30분	3시간, 20분
시험전압(V)		1000~3500	600, 110	600
버너의 형태		리본타입	리본타입	튜브타입

〈표 5〉 각 기준별 기계적 충격시험 비교

항 목	기 준	IEC 60331	BS 6387
		시험온도(℃)	750
버너점염시간		1시간 20분	15분
시험체 길이(mm)		1500	1200
기계적 충격 작동간격		5분±10초	30±2초

4. 결론

본 고에서는 국내기준인 내무부고시(제 1996-19호)와 국제기준인 IEC 60331, BS 6387기준을 검토한 결과, 국내기준은 내화시험만을 요구하고 있으나 IEC 60331기준에서는 내화시험과 기계적 충격시험, BS 6387기준에서는 내화시험, 기계적 충격시험, 주수시험을 요구하고 있다. 국내기준의 모범이라고 할 수 있는 IEC 60331기준은 1999년, 2002

년도에 지속적으로 변경이 되었으나, 국내기준은 제정당시의 기본적인 성능평가 수준에 머물고 있어, 시험기준의 표준화를 통한 국가 기간 전력망, 통신망의 유지관리를 위해 개정 검토가 필요한 것으로 나타났다.

〈참고문헌〉

1. 2001년 화재통계연보, 행정자치부, 2001
2. UL 910 Test method for fire and smoke characteristics of electrical and optical-fiber cables used in air-handling spaces, 1985
3. IEC 60331 Test for electric cables under fire conditions - circuit integrity, 1999
4. IEC 60331-11 Apparatus - Fire alone at a flame temperature of at least 750℃
5. IEC 60331-12 Apparatus - Fire with shock at a temperature of at least 830?
6. IEC 60331-21 Procedures and requirements- Cables of rated voltage up to and including 0.6/1.0 Kv
7. IEC 60331-23 Procedures and requirements - Electric data cables
8. IEC 60331-25 Procedures and requirements optical fiber cables
9. IEC 60331-31 Procedures and requirements for with shock - cables of rated voltage up to and including 0.6/1 Kv
10. BS 6387 Performance requirements for cables required to maintain circuit integrity under fire conditions, 1994 **FILK**